



(51) Classification internationale des brevets :
H02M 7/5387 (2007.01) H02J 3/38 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/053029

(22) Date de dépôt international :
21 novembre 2016 (21.11.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1561234 23 novembre 2015 (23.11.2015) FR

(71) Déposants : INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE [FR/FR]; 6 Allée Emile Monso, BP 34038, 31029 TOULOUSE Cedex 4 (FR). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [FR/FR]; 3 Rue Michel Ange, 75794 PARIS Cedex 16 (FR).

(72) Inventeurs : MEYNARD, Thierry; 11 Allée des Soupîrs, 31000 Toulouse (FR). FONTES, Guillaume; 16 rue Lancafoc, 31000 Toulouse (FR).

(74) Mandataire : GEVERS & ORES; 9 rue Saint Antoine du T, 31000 Toulouse (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : DC-DC CONVERTER AND ASSOCIATED ELECTRICAL ARCHITECTURE

(54) Titre : CONVERTISSEUR CONTINU-CONTINU ET ARCHITECTURE ÉLECTRIQUE ASSOCIÉE

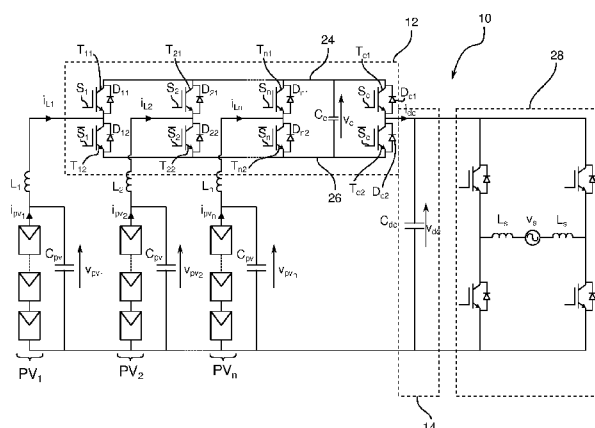


Figure 4

(57) Abstract : The invention relates to a DC-DC electrical converter with two stages 5, which is adapted to be linked on the one hand to at least two chains (PV₁, PV₂, PV_n) comprising a plurality of nonlinear dipoles arranged in series, and on the other hand to an external bus (14), and intended to ensure an exchange of a power, between each chain (PV₁, PV₂, PV_n) and the external bus (14). The converter is characterized in that it comprises a first stage 10 comprising, for each chain (PV₁, PV₂, PV_n), a DC-DC sub-converter (18a, 18b, 18c) driven by a drive device so as to obtain a point of operation of said chain, an intermediate bus, to which is connected each DC-DC sub-converter (18a, 18b, 18c), and a second stage comprising at least one shared arm (20) driven by a duty ratio adjustment signal 15 determined so that the balance of the power circulating at the level of the intermediate bus is zero.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



L'invention concerne un convertisseur électrique continu-continu à deux étages 5 adapté pour être relié d'une part à au moins deux chaînes (PV_1 , PV_2 , PV_n) comprenant une pluralité de dipôles non linéaires agencés en série, et d'autre part à un bus (14), externe, et destiné à assurer un échange d'une puissance, entre chaque chaîne (PV_1 , PV_2 , PV_n) et le bus (14) externe. Le convertisseur est caractérisé en ce qu'il comprend un premier étage 10 comprenant, pour chaque chaîne (PV_1 , PV_2 , PV_n), un sous-convertisseur (18a, 18b, 18c) continu-continu piloté par un dispositif de pilotage pour atteindre un point de fonctionnement de ladite chaîne, un bus intermédiaire, auquel est connecté chaque sous-convertisseur (18a, 18b, 18c) continu-continu, et un deuxième étage comprenant au moins un bras (20) mutualisé piloté par un signal de réglage de rapport cyclique 15 déterminé de sorte que le bilan de la puissance circulant au niveau du bus intermédiaire soit nul.

CONVERTISSEUR CONTINU-CONTINU ET ARCHITECTURE ÉLECTRIQUE ASSOCIÉE

1. Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un convertisseur électrique continu-continu. En particulier,
5 l'invention concerne un convertisseur électrique continu-continu destiné à être relié à plusieurs chaînes comprenant chacune une pluralité de composants électroniques non linéaires agencés en série, de type modules photovoltaïques, diodes électroluminescentes, batteries, supercondensateurs, etc.

2. Arrière-plan technologique

10 Les composants électroniques ou électrochimiques non linéaires (plus généralement des dipôles non linéaires) tels que les modules photovoltaïques, diodes électroluminescentes, batteries, supercondensateurs, etc. sont fréquemment utilisés dans des circuits électriques sous formes de chaînes comprenant chacune une pluralité de ces composants (généralement du même type), reliés en série. Plusieurs de ces
15 chaînes sont ensuite reliées via un convertisseur électrique continu-continu à un bus continu, permettant soit l'alimentation des composants électroniques ou électrochimiques si ces composants sont consommateurs d'énergie (par exemple des diodes électroluminescentes, des batteries ou des supercondensateurs lors de leur charge, etc.), soit la transmission d'énergie provenant des composants vers un réseau
20 d'alimentation, si ces composants sont générateurs d'énergie (par exemple des modules photovoltaïques, des batteries ou des supercondensateurs lors de leur décharge, etc.).

La formation de ces chaînes permet d'obtenir des tensions élevées par combinaison des tensions de chaque composant électronique de la chaîne.

En général, chaque chaîne est reliée à un convertisseur continu-continu de façon
25 à pouvoir régler indépendamment le point de fonctionnement de chaque chaîne, ce qui permet d'adapter ce point de fonctionnement aux différences de caractéristiques des composants de chaque chaîne, de leur vieillissement et/ou de leur ensoleillement dans le cas des modules photovoltaïques. Chaque convertisseur traite ainsi l'intégralité de la puissance générée ou reçue par chaque chaîne.

30 Néanmoins, cette utilisation d'un convertisseur continu-continu pour chaque

chaîne engendre un coût important et/ou un rendement non optimal. En particulier, les technologies rencontrées actuellement utilisent soit des transistors bipolaires à grille isolée (IGBT pour *Insulated Gate Bipolar Transistor* en anglais), qui présentent un coût relativement faible mais un rendement modéré à cause d'une part de la présence d'un seuil de tension à l'état passant qui ne permet pas de minimiser les pertes par conduction et d'autre part de pertes par commutation relativement élevées, soit des transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFET pour *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* en anglais) qui n'ont pas de seuil de tension à l'état passant et des pertes par commutation réduites autorisant ainsi un meilleur rendement, mais un coût plus élevé.

Les inventeurs ont donc cherché à proposer un convertisseur continu-continu qui résout au moins certains des inconvénients des convertisseurs continu-continu connus.

3. Objectifs de l'invention

L'invention vise à pallier au moins certains des inconvénients des convertisseurs continu-continu connus.

En particulier, l'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation de l'invention, un convertisseur continu-continu ayant un rendement élevé.

L'invention vise aussi à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un convertisseur continu-continu présentant un coût faible.

L'invention vise aussi à fournir une nouvelle architecture mettant en œuvre des chaînes de composants non linéaires.

4. Exposé de l'invention

Pour ce faire, l'invention concerne un convertisseur électrique continu-continu à deux étages adapté pour être relié d'une part à au moins deux chaînes émettrices/réceptrices de puissance comprenant une pluralité de composants électroniques ou électrochimiques non linéaires agencés en série, et d'autre part à un bus externe récepteur/émetteur de puissance, et destiné à assurer un échange d'une puissance, entre chaque chaîne et le bus externe, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un premier étage comprenant, pour chaque chaîne, un sous-convertisseur continu-continu relié à ladite chaîne, chaque sous-

- convertisseur continu-continu comprenant au moins une cellule de commutation et étant piloté par un dispositif de pilotage pour atteindre un point de fonctionnement de ladite chaîne,
- un bus intermédiaire, auquel est connecté chaque sous-convertisseur continu-continu, et comprenant au moins un condensateur adapté pour être chargé avec une tension prédéterminée entre ses bornes,
 - un deuxième étage comprenant au moins un bras mutualisé relié d'une part au bus intermédiaire et d'autre part au bus externe et piloté par un signal de réglage de rapport cyclique déterminé de façon à réguler la tension du bus intermédiaire de sorte que le bilan de la puissance circulant au niveau du bus intermédiaire soit nul.

Un convertisseur continu-continu selon l'invention permet donc un échange de la totalité de la puissance (générée ou consommée) au niveau d'une chaîne de composants électroniques ou électrochimiques (appelés aussi dipôles non linéaires) par le biais d'un sous-convertisseur continu-continu dimensionné seulement pour une partie de la puissance échangée entre la chaîne et le bus externe. Cette puissance échangée est soit émise (i.e. générée) par la chaîne et reçue par le bus externe pour alimenter une charge externe (par exemple pour des chaînes dont les composants sont des modules photovoltaïques), soit émise par une source externe, transmise par le bus externe et reçue (i.e. consommée) par la chaîne (par exemple pour des chaînes dont les composants sont des diodes électroluminescentes). Dans certains cas, par exemple pour des chaînes dont les composants sont des batteries ou des supercondensateurs, celles-ci peuvent être tour à tour émettrice de puissance (alimentation d'une charge) ou réceptrice de puissance (recharge de la batterie).

Chaque sous-convertisseur continu-continu peut ainsi être dimensionné pour seulement une partie de la puissance échangée par une chaîne, en particulier une partie réduite de la puissance échangée par une chaîne, nécessitant ainsi des composants moins coûteux, moins encombrants et avec des meilleurs rendements que les convertisseurs continu-continu de l'art antérieur qui sont chacun dimensionnés pour toute la puissance échangée par une chaîne. La solution proposée ici est bien adaptée lorsque la partie de la puissance échangée qui est commune aux différentes chaînes

représente une partie importante de la puissance échangée (de préférence environ 90%), et que l'écart entre les puissances des différentes chaînes représente une partie plus faible de la puissance échangée (de préférence environ 10%); autrement dit lorsque le rapport de la différence entre la puissance maximale et la puissance minimale des chaînes sur la puissance moyenne est très inférieur à 1. Cette différence (ou dispersion) de puissance est par exemple due à une différence de vieillissement des composants, une différence d'ensoleillement pour les modules photovoltaïques, etc. Toutefois, le vieillissement des composants et l'ensoleillement sont généralement plus ou moins uniformes pour les composants d'une même chaîne, ce qui explique que cette différence de puissance est généralement inférieure ou égale à 10%. La différence peut aussi être due à l'utilisation de composants de technologies différentes d'une chaîne à une autre, ou la différence peut apparaître après une opération de maintenance avec remplacement de certaines chaînes seulement.

Le bras mutualisé permet ensuite de compenser les puissances échangées par toutes les chaînes et le bus intermédiaire, de sorte à ce que le bilan de puissance au niveau du bus intermédiaire soit nul. La répartition de puissance entre les différentes chaînes peut ainsi être imposée en adaptant la commande utilisée pour le pilotage des différents sous-convertisseurs aux exigences particulières de l'application; par exemple recherche du point à puissance maximale pour des modules photovoltaïques, équilibrage des courants ou des puissances pour des diodes électroluminescentes, équilibrage des tensions pour des dispositifs électrochimiques, etc. Globalement le convertisseur permet donc de créer un dipôle qui vu des bornes du bus externe se comporte comme une source unique tout en choisissant une loi de répartition de puissance entre différentes chaînes de caractéristiques légèrement différentes.

Pour obtenir ce comportement, le bras mutualisé est piloté pour que la somme des puissances fournies (respectivement consommées) par tous les sous convertisseurs du premier étage et la puissance consommée (respectivement fournie) par le convertisseur, ou bras mutualisé, du deuxième étage soit nulle, de sorte à ce que la tension aux bornes du ou des condensateurs du bus intermédiaire reste constante et régulée à une valeur qui permet de disposer de la gamme de réglage nécessaire (supérieure ou égale à la différence entre la plus grande et la plus petite des tensions

des différentes chaines).

Le dispositif de pilotage de chaque sous-convertisseur est quant à lui configuré pour piloter les sous-convertisseurs de façon à atteindre le point de fonctionnement optimal de la chaine qui peut être déterminé selon plusieurs critères différents. Par exemple, lorsque les composants électroniques sont des modules photovoltaïques, le critère est de maximiser la puissance fournie par chaque chaine. D'autres critères peuvent être appliqués, par exemple égaliser les tensions aux bornes de toutes les chaines, les courants traversant les chaines, les niveaux de charge de batteries ou supercondensateurs, etc.

Le sous-convertisseur peut aussi comprendre d'autres composants électroniques, par exemple un composant magnétique de filtrage, tel qu'une bobine.

Avantageusement et selon l'invention, le dispositif de pilotage du premier étage est adapté pour déterminer une tension optimale à ajouter ou à soustraire aux bornes de chaque chaine et le deuxième étage permet d'annuler le bilan de puissance au niveau du bus intermédiaire permettant au premier étage d'assurer la répartition de tension optimale.

Selon cet aspect de l'invention, chaque sous-convertisseur continu-continu du premier étage est équivalent à une source de tension variable qui peut être réglée de sorte à atteindre le point de fonctionnement de la chaine qui lui est connectée, permettant ainsi d'optimiser les conditions d'échange de puissance avec le bus externe.

Avantageusement et selon l'invention, chaque sous-convertisseur continu-continu comprend au moins deux interrupteurs commandés par le dispositif de pilotage et formant la cellule de commutation, un premier interrupteur étant adapté pour augmenter la partie de la tension aux bornes de la chaine et un deuxième interrupteur étant adapté pour diminuer la partie de la tension aux bornes de la chaine.

Selon cet aspect de l'invention, le dispositif de pilotage permet la commande des deux interrupteurs de façon à réguler la tension aux bornes du sous-convertisseur afin d'approcher la tension optimale, suivant un critère différent suivant la nature des chaines et l'application du convertisseur, comme décrit précédemment en référence

avec le point de fonctionnement optimal.

De préférence, chaque interrupteur commandé est adapté pour recevoir un signal de commande haute fréquence en modulation de largeur d'impulsion (MLI ou PWM pour *Pulse Width Modulation* en anglais) déterminé et transmis par le dispositif de pilotage. Les variations de tensions permises par la commande des deux interrupteurs sont ainsi régulées via une variation du rapport cyclique du signal MLI.

Avantageusement et selon l'invention, le bras mutualisé comprend au moins deux interrupteurs commandés par le dispositif de pilotage, configurés pour réguler la tension du bus intermédiaire de sorte que le bilan de la puissance échangée au niveau du bus intermédiaire soit nul.

Selon cet aspect de l'invention, la régulation de la tension du bus intermédiaire est obtenue par le pilotage des deux interrupteurs commandés formant le bras mutualisé permettant ainsi de compenser les différentes puissances générées ou consommées au niveau des sous-convertisseurs continu. En régime établi, la tension du bus intermédiaire est ainsi constante.

L'invention concerne également une architecture électrique, caractérisée en ce qu'elle comprend un convertisseur continu-continu selon l'invention et au moins deux chaînes composées d'une pluralité de composants électroniques ou électrochimiques non linéaires agencés en série, reliées au convertisseur continu-continu.

Avantageusement et selon l'invention, les composants électroniques sont des modules photovoltaïques adaptés pour fournir une puissance électrique à un bus externe via le convertisseur continu-continu.

Selon cet aspect de l'invention, le convertisseur continu-continu est utilisé pour assurer l'échange de puissance entre des chaînes de modules photovoltaïques générant une puissance électrique par captation d'énergie solaire, et un bus recevant cette puissance afin de la retransmettre, par exemple à un onduleur alimentant un réseau de distribution d'électricité. Les modules photovoltaïques ont généralement une tension à leurs bornes relativement faible et sont donc agencés en série sous forme de chaîne

pour obtenir une tension plus importante. Du fait des variations de l'ensoleillement selon le moment de la journée, les conditions météorologiques et la présence d'ombres, et du fait de la caractéristique courant/tension non linéaire des modules photovoltaïques, la puissance maximale de chaque chaîne est variable et différente des autres chaînes reliées au convertisseur continu-continu. Le convertisseur continu-continu selon l'invention permet donc, dans cette architecture électrique, de maximiser la puissance générée par chaque chaîne sans impacter les performances des autres chaînes.

10 Avantageusement et selon l'invention, les composants électroniques sont des diodes électroluminescentes adaptées pour consommer une puissance électrique transmise par un bus externe via le convertisseur continu-continu.

 Selon cet aspect de l'invention, le convertisseur continu-continu est utilisé pour assurer l'échange de puissance entre un bus transmettant une puissance électrique provenant par exemple d'une source externe, et des chaînes de diodes électroluminescentes consommant cette puissance électrique. Les diodes électroluminescentes sont souvent associées en chaîne pour permettre leur alimentation commune lorsqu'un nombre important de diodes électroluminescentes est utilisé, par exemple pour un dispositif d'éclairage de grande puissance (éclairage public ou éclairage de stade). Les diodes pouvant présenter des caractéristiques courant/tension légèrement différentes ou présenter une usure dégradant ses performances, le convertisseur continu-continu permet un équilibrage de la puissance, du courant ou de la tension fournie aux diodes électroluminescentes pour améliorer le rendement, la durée de vie ou tout autre paramètre pertinent.

25 Avantageusement et selon l'invention, les composants électrochimiques sont des batteries ou des supercondensateurs, adaptés pour recevoir une puissance afin de stocker l'énergie associée lors d'une charge et de restituer l'énergie en générant une puissance lors d'une décharge.

30 L'invention concerne également un convertisseur continu-continu et une

architecture caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

5. Liste des figures

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre uniquement non limitatif et qui se réfère aux figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique d'une architecture électrique selon un premier mode de réalisation de l'invention,
- la figure 2 est une représentation schématique d'une architecture électrique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 est une représentation simplifiée des architectures électriques selon le premier et le deuxième mode de réalisation,
- la figure 4 est une représentation schématique d'une architecture électrique selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

6. Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

Les réalisations suivantes sont des exemples. Bien que la description se réfère à un ou plusieurs modes de réalisation, ceci ne signifie pas nécessairement que chaque référence concerne le même mode de réalisation, ou que les caractéristiques s'appliquent seulement à un seul mode de réalisation. De simples caractéristiques de différents modes de réalisation peuvent également être combinées pour fournir d'autres réalisations. Sur les figures, les échelles et les proportions ne sont pas strictement respectées et ce, à des fins d'illustration et de clarté.

La figure 1 représente schématiquement une architecture électrique selon un premier mode de réalisation de l'invention. L'architecture électrique comprend un convertisseur 12 continu-continu selon un mode de réalisation de l'invention, relié d'une part à un bus externe 14, et d'autre part à une pluralité de chaînes, dont trois chaînes PV_1 , PV_2 , ..., PV_n , sont représentées, chaque chaîne comprenant une pluralité de composants électroniques ou électrochimiques. La chaîne comprend, dans ce mode de réalisation, plusieurs composants électroniques, dont un seul est représenté. Les composants électroniques de chaque chaîne PV_1 - PV_n sont, dans ce mode de réalisation,

des modules photovoltaïques, générant une puissance par conversion de l'énergie solaire reçue sur la surface des modules en énergie électrique.

Le convertisseur 12 continu-continu comprend un premier étage comprenant pour chaque chaîne PV_1 - PV_n un sous-convertisseur 18a, 18b, 18c continu-continu relié à ladite chaîne. Les sous-convertisseurs 18a, 18b, 18c continu-continu sont reliés à un bus intermédiaire et à un deuxième étage matérialisé ici sous forme d'un unique bras mutualisé dont la sortie est connectée au bus externe 14. Le bus intermédiaire comprend une branche 24 supérieure et une branche 26 inférieure.

Chaque chaîne comprend deux bornes, une borne dite borne négative, reliée directement aux autres bornes négatives des autres chaînes et à une borne négative du bus 14 (représentée par le signe '-') via une liaison 22 directe, et une borne dite borne positive reliée au sous-convertisseur continu de ladite chaîne.

Ces connexions de chaque chaîne PV_1 - PV_n au convertisseur 12 continu-continu et au bus 14 permettent l'échange d'une puissance, dite puissance échangée, entre chaque chaîne PV_1 - PV_n et le bus 14. Dans ce mode de réalisation où les composants électroniques de chaque chaîne PV_1 - PV_n sont des modules photovoltaïques, cet échange s'effectue de chaque chaîne PV_1 - PV_n qui émet/génère la puissance vers le bus qui la reçoit. Dans d'autres modes de réalisation, le transfert de puissance peut s'effectuer dans le sens inverse avec le même schéma électronique.

Dans ce mode de réalisation, le convertisseur 12 continu-continu permet de transférer des chaînes au bus externe 14 une puissance totale qui dépend de ces sources et permet d'imposer la répartition de la puissance entre les différentes chaînes.

Les sous-convertisseurs 18a, 18b, 18c continu-continu comprennent chacun, dans ce mode de réalisation, un composant magnétique de filtrage tel qu'une bobine L_1 , L_2 , L_n reliée d'une part à la chaîne et d'autre part à deux interrupteurs commandés, un premier interrupteur T_{11} , T_{21} , T_{n1} commandé et un deuxième interrupteur T_{12} , T_{22} , T_{n2} commandé, formant une cellule de commutation. Le bras 20 mutualisé comprend également, dans ce mode de réalisation, une bobine L reliée, d'une part au bus 14 et d'autre part à deux interrupteurs commandés T_{c1} et T_{c2} . Les premiers interrupteurs T_{11} , T_{21} , T_{n1} , T_{c1} commandés des sous-convertisseurs et du bras mutualisé sont tous reliés électriquement à la branche 24 supérieure du bus intermédiaire, et les deuxièmes

interrupteurs T_{12} , T_{22} , T_{n2} , T_{c2} commandés des sous-convertisseurs et du bras mutualisé sont tous reliés électriquement à la branche 26 inférieure du bus intermédiaire.

Le convertisseur 12 continu comprend aussi au moins un condensateur, ici un condensateur C_1 , C_2 , C_n , par sous-convertisseur 18a, 18b, 18c continu-continu, dont une
5 borne dite positive est reliée à la branche 24 supérieure et une borne dite négative est reliée à la branche 26 inférieure. Dans ce mode de réalisation, on considère que les condensateurs C_1 , C_2 , C_n font également partie du bus intermédiaire. Selon d'autres modes de réalisation alternatifs, par exemple le troisième mode de réalisation représenté figure 4, un seul condensateur C_c est relié au bus intermédiaire entre la
10 branche supérieure et inférieure, pour un fonctionnement similaire. Le ou les condensateurs sont chargés, préalablement à l'échange de puissance par le convertisseur continu-continu, avec une tension prédéterminée entre leurs bornes, par exemple grâce à une source externe (non représentée), soit en appliquant préalablement une séquence particulière de commande aux interrupteurs commandés.

15

La figure 2 représente schématiquement une architecture 10 électrique selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

Dans ce mode de réalisation, chaque sous-convertisseur 18a, 18b, 18c continu-continu du premier étage et le bras mutualisé 20 constituant le deuxième étage
20 comprennent deux interrupteurs commandés, un premier interrupteur T_{11} , T_{21} , T_{n1} , T_{c1} commandé et un deuxième interrupteur T_{12} , T_{22} , T_{n2} , T_{c2} commandé, et un condensateur C_1 , C_2 , C_n , C comprenant une borne dite positive et une borne dite négative. Chaque chaîne est reliée à la borne négative d'un condensateur C_1 , C_2 , C_n et à un deuxième interrupteur T_{12} , T_{22} , T_{n2} commandé. Le bras 20 mutualisé comprend également, dans ce
25 mode de réalisation, un condensateur C relié, d'une part à un premier interrupteur commandé T_{c1} et d'autre part à un deuxième interrupteur commandé T_{c2} et au bus 14. La borne positive de chaque condensateur C_1 , C_2 , C_n , C est reliée aux premiers interrupteurs T_{11} , T_{21} , T_{n1} , T_{c1} commandés et aux bornes positives des autres condensateurs par le biais de la branche 26 supérieure du bus intermédiaire.

30

Les deux interrupteurs commandés de chaque sous-convertisseur 18a, 18b, 18c

sont reliés via une bobine L_1 , L_2 , L_n aux deux interrupteurs du bras mutualisé par le biais de la branche 24 inférieure du bus intermédiaire et d'un filtre 30. Selon d'autres modes de réalisation de l'invention, le filtre peut être absent et les bobines L_1 , L_2 , L_n connectées directement au bras mutualisé.

5

La figure 3 représente de façon simplifiée une architecture 10 selon le premier ou le deuxième mode de réalisation de l'invention représentés sur les figures 1 et 2. Chaque chaîne PV_1 - PV_n est ainsi reliée à une source V_1 , V_2 , ..., V_n de tension variable permettant d'adapter la tension aux bornes de chaque chaîne PV_1 - PV_n en fonction de la

10 tension optimale calculée par le dispositif de pilotage pour répartir les puissances sur les différentes chaînes de façon appropriée. Le bras mutualisé est quant à lui symbolisé par la source V_m , l'équipotentielle supérieure correspond à l'équipotentielle 26 des figures 1 et 2. Pour un point de fonctionnement donné, les différentes grandeurs de ce circuit sont continues, ce qui veut dire que les puissances consommées ou fournies par les

15 différentes sources V_1 à V_n sont généralement non nulles ; c'est le deuxième étage (symbolisé ici par V_m) qui, alimenté par le même bus intermédiaire, permet de faire en sorte que la somme de toutes ces puissances soit nulle (Puissance de la source V_1 + ... + Puissance de la source V_n + Puissance de la source V_m = 0).

20 Ces sources V_1 - V_n de tension variable sont mises en œuvre, dans les premier et deuxième modes de réalisation, par commande des interrupteurs commandés de chaque sous-convertisseur 18a, 18b, 18c continu-continu, le bras mutualisé permettant quant à lui de régler le point de polarisation moyen de tous les bras du premier étage et d'annuler la puissance vue par le bus intermédiaire. Notamment, dans les deux modes

25 de réalisation, la tension aux bornes des condensateurs peut varier par la commutation des interrupteurs commandés de façon à ce que cette tension augmente ou diminue en fonction de la charge électrique à ces bornes. Ainsi, selon les configurations, les interrupteurs commandés peuvent entraîner la charge ou la décharge des condensateurs. Le fonctionnement des interrupteurs et leur commande sont décrits ci-

30 après en référence à la figure 4.

La figure 4 représente schématiquement une architecture 10 électrique selon un troisième mode de réalisation de l'invention, reliée à un bus 14 auquel est connecté un onduleur 28. Ce troisième mode de réalisation est proche du premier mode de réalisation représenté en référence à la figure 1, mais comprenant un seul condensateur dans le convertisseur continu-continu au lieu d'un condensateur par sous-convertisseur continu-continu.

L'architecture comprend n chaînes, dont trois chaînes PV_1 , PV_2 et PV_n sont représentées, et chaque chaîne comprend une pluralité de composants électroniques, ici des modules photovoltaïques, dont trois sont représentés. Chaque chaîne PV_1 - PV_n est montée en parallèle avec un condensateur C_{pv} .

Les chaînes sont connectées directement à un bus continu 14, représenté ici par un condensateur C_{dc} . Chaque chaîne est connectée, via une bobine L_1 , L_2 , ..., L_n traversée par un courant i_{L1} , i_{L2} , ..., i_{Ln} , à deux interrupteurs commandés, un premier interrupteur T_{11} , T_{21} , T_{n1} commandé et un deuxième interrupteur T_{12} , T_{22} , T_{n2} commandé, d'un sous-convertisseur continu-continu. Dans ce mode de réalisation, les interrupteurs commandés sont des transistors de type IGBT accompagnés d'une diode D_{11} , D_{12} , D_{21} , D_{22} , ..., D_{n1} , D_{n2} , et commandés au niveau de leurs grilles et permettant ou empêchant le passage du courant entre leurs collecteurs et leurs émetteurs ou entre leurs émetteurs et leurs collecteurs (état passant ou état bloqué).

Le fonctionnement d'un sous-convertisseur continu-continu est décrit ci-après en référence avec une seule chaîne PV_n , le fonctionnement étant identique pour les autres chaînes.

Le dispositif de pilotage de la chaîne PV_n mesure la tension v_{pv_n} aux bornes de la chaîne PV_n et la puissance délivrée par la chaîne PV_n . Selon un algorithme de recherche du point de fonctionnement optimal de la chaîne, le dispositif détermine la tension à atteindre à chaque itération de l'algorithme, dite tension de référence, permettant d'approcher le point de fonctionnement de la chaîne. Pour obtenir cette tension de référence, le dispositif détermine la commande à appliquer aux interrupteurs commandés. Les deux interrupteurs T_{n1} , T_{n2} commandés de la chaîne PV_n reçoivent des commandes opposées, c'est-à-dire que si le premier interrupteur T_{n1} est commandé dans l'état passant, le deuxième interrupteur T_{n2} est commandé dans l'état bloqué, et si

le premier interrupteur T_{n1} est commandé dans l'état bloqué, le deuxième interrupteur T_{n2} est commandé dans l'état passant. Les deux interrupteurs T_{c1} , T_{c2} du bras mutualisé fonctionnent de la même façon. Les signaux de commande des premiers interrupteurs T_{11} , T_{21} , T_{n1} commandés des sous-convertisseurs continu-continu sont référencés $S_1, S_2, \dots, S_n$, les signaux de commande des deuxièmes T_{12} , T_{22} , T_{n2} interrupteurs commandés des sous-convertisseurs continu-continu sont référencés $\overline{S_1}, \overline{S_2}, \dots, \overline{S_n}$ et les signaux de commande du bras mutualisé sont S_c pour le premier interrupteur T_{c1} et $\overline{S_c}$ pour le deuxième interrupteur T_{c2} . Ces signaux de commande sont transmis aux interrupteurs au niveau de leurs grilles.

La combinaison des interrupteurs commandés de la chaîne et du bras mutualisé fait apparaître trois situations :

- une première situation dans laquelle le premier interrupteur T_{n1} commandé de la chaîne est passant ($S_n = 1$) et le deuxième T_{c2} interrupteur commandé du bras mutualisé est passant ($\overline{S_c} = 1$) : le courant i_{Ln} circule dans le condensateur C_c de sa borne négative vers sa borne positive, augmentant ainsi la charge du condensateur C_c et donc la tension v_c à ses bornes ;
- une deuxième situation dans laquelle le deuxième interrupteur T_{n2} commandé de la chaîne est passant ($\overline{S_n} = 1$) et le premier interrupteur T_{c1} commandé du bras mutualisé est passant ($S_c = 1$) : le courant circule dans le condensateur C_c de sa borne positive vers sa borne négative, réduisant ainsi la charge du condensateur C_c et donc la tension v_c à ses bornes ;
- une troisième situation dans laquelle le premier interrupteur T_{n1} commandé de la chaîne est passant ($S_n = 1$) et le premier interrupteur T_{c1} commandé du bras mutualisé est passant ($S_c = 1$) ou le deuxième interrupteur T_{n2} commandé de la chaîne est passant ($\overline{S_n} = 1$) et le deuxième interrupteur T_{c2} commandé du bras mutualisé est passant ($\overline{S_c} = 1$) : le courant circule respectivement dans la branche 24 supérieure ou dans la branche 26 inférieure sans traverser le condensateur, la tension v_c aux bornes de celui-ci ne varie donc pas.

En outre, les situations exposées permettent de faire varier les tensions de la boucle formée par la chaîne PV_n , le convertisseur 12 continu-continu et le bus 14. Le bilan des tensions de cette boucle peut s'écrire :

$$v_{pvn} - L \frac{di_{Ln}}{dt} - R_{Ln} \cdot i_{Ln} - v_c \cdot D - v_{dc} = 0$$

- Avec v_{pvn} la tension aux bornes de la chaîne PV_n , L l'inductance de la bobine L_n , i_{Ln} l'intensité du courant traversant la bobine L_n , R_{Ln} la résistance du modèle de la bobine L_n , v_c la tension aux bornes du condensateur, D le rapport cyclique obtenu par commande des interrupteurs commandés, et v_{dc} la tension aux bornes du bus.

- Le rapport cyclique D est un signal continu compris dans l'intervalle $[-1 ; +1]$, obtenu par commande des interrupteurs commandés selon les trois situations décrites ci-dessus, et permettant de représenter la valeur de tension moyenne obtenue aux bornes du condensateur pendant un intervalle de temps. Le rapport cyclique D prend par exemple comme valeur particulière $+1$ si les interrupteurs sont dans la première situation pendant tout l'intervalle de temps, 0 si les interrupteurs sont dans la troisième situation pendant tout l'intervalle de temps et -1 si les interrupteurs sont dans la deuxième situation pendant tout l'intervalle de temps. Les variations des commandes des interrupteurs par un signal haute-fréquence permettent d'obtenir une valeur d présentant toute valeur intermédiaire dans l'intervalle $[-1 ; +1]$.

- Le dispositif de pilotage ayant déterminé la tension optimale pour obtenir une puissance maximale, il commande les interrupteurs commandés selon les trois situations énoncées précédemment de façon à obtenir ladite tension optimale par variation du rapport cyclique D .

- Les sous-convertisseurs continu-continu se comportent donc comme des sources de tension variable telles que représentées en référence avec la figure 3. Le bras mutualisé permet ensuite de compenser les puissances de sorte à ce que le bilan de puissance du convertisseur continu-continu soit nul, pour permettre le transfert de la totalité de la puissance échangée. En outre, les tensions présentes au niveau du condensateur C_c du convertisseur 12 continu-continu sont faibles et donc les puissances traitées au niveau de chaque sous-convertisseur continu-continu sont faibles, ce qui permet d'utiliser des composants plus légers, moins coûteux et avec un meilleur rendement. En pratique, le traitement de seulement une partie de la puissance

échangée permet, par rapport à l'art antérieur, des pertes pouvant être divisées par dix et un coût divisé par trois, selon une loi empirique connue de l'Homme du métier selon laquelle le coût d'un convertisseur continu-continu est proportionnel à la racine de la puissance traitée.

5 La puissance reçue par le bus 14 est transmise ensuite, dans ce mode de réalisation, à un onduleur 28 permettant la conversion continu vers alternatif. L'onduleur 28 comprend notamment quatre transistors de type IGBT reliés à un circuit alternatif V_s via deux bobines L_s .

10 L'invention ne se limite pas aux seuls modes de réalisation décrits. En particulier, les composants électroniques ou électrochimiques peuvent aussi être des diodes électroluminescentes consommatrices de puissance fournie par une source externe via le bus, ou des batteries ou supercondensateurs adaptés pour consommer de la puissance transmise par le bus à des fins de stockage d'énergie, et pour fournir de la
15 puissance au bus pour restituer cette énergie stockée. Le fonctionnement du convertisseur continu-continu dans ces modes de réalisation est toutefois analogue aux modes de réalisations définis précédemment. Dans les modes de réalisation où les chaînes comprennent des composants électrochimiques comme des batteries, le convertisseur continu-continu permet de faire un équilibrage actif entre les différentes
20 chaînes.

REVENDEICATIONS

1. Convertisseur électrique continu-continu à deux étages adapté pour être relié d'une part à au moins deux chaines (PV_1 , PV_2 , PV_n) émettrices/réceptrices de puissance
5 comprenant une pluralité de composants électroniques ou électrochimiques non linéaires agencés en série, et d'autre part à un bus (14) externe récepteur/émetteur de puissance, et destiné à assurer un échange d'une puissance, entre chaque chaine (PV_1 , PV_2 , PV_n) et le bus (14) externe, caractérisé en ce qu'il comprend :
- un premier étage comprenant, pour chaque chaine (PV_1 , PV_2 , PV_n), un
10 sous-convertisseur (18a, 18b, 18c) continu-continu relié à ladite chaine, chaque sous-convertisseur (18a, 18b, 18c) continu-continu comprenant au moins une cellule de commutation et étant piloté par un dispositif de pilotage pour atteindre un point de fonctionnement de ladite chaine,
 - un bus intermédiaire, auquel est connecté chaque sous-convertisseur
15 (18a, 18b, 18c) continu-continu, et comprenant au moins un condensateur (C) adapté pour être chargé avec une tension prédéterminée entre ses bornes,
 - un deuxième étage comprenant au moins un bras (20) mutualisé relié d'une part au bus intermédiaire et d'autre part au bus (14) externe et
20 piloté par un signal de réglage de rapport cyclique déterminé de façon à réguler la tension du bus intermédiaire de sorte que le bilan de la puissance circulant au niveau du bus intermédiaire soit nul.
2. Convertisseur électrique continu-continu selon la revendication 1, caractérisé en
25 ce que le dispositif de pilotage du premier étage est adapté pour déterminer une tension optimale à ajouter ou soustraire aux bornes de chaque chaine (PV_1 , PV_2 , PV_n) et le deuxième étage permet d'annuler le bilan de puissance au niveau du bus intermédiaire permettant au premier étage d'assurer la répartition de tension optimale.
- 30 3. Convertisseur électrique continu-continu selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque sous-convertisseur (18a, 18b, 18c) continu-continu

comprend au moins deux interrupteurs (T_{11} , T_{21} , T_{n1} , T_{12} , T_{22} , T_{n2}) commandés par le dispositif de pilotage et formant la cellule de commutation, un premier (T_{11} , T_{21} , T_{n1}) interrupteur étant adapté pour augmenter la partie de la tension aux bornes de la chaîne et un deuxième (T_{12} , T_{22} , T_{n2}) interrupteur étant adapté pour diminuer la partie de la tension aux bornes de la chaîne (PV_1 , PV_2 , PV_n).

4. Convertisseur électrique continu-continu selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque interrupteur commandé (T_{11} , T_{21} , T_{n1} , T_{12} , T_{22} , T_{n2}) est adapté pour recevoir un signal de commande haute fréquence en modulation de largeur d'impulsion déterminé et transmis par le dispositif de pilotage.

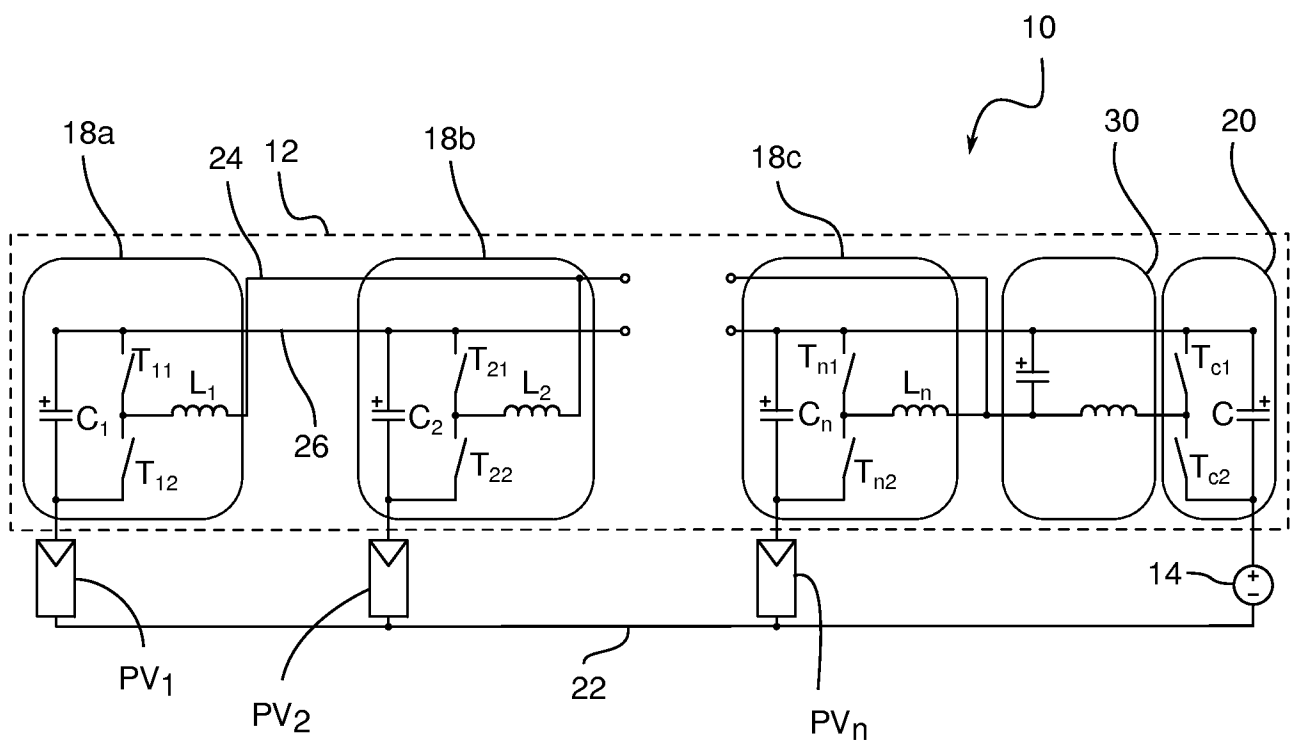
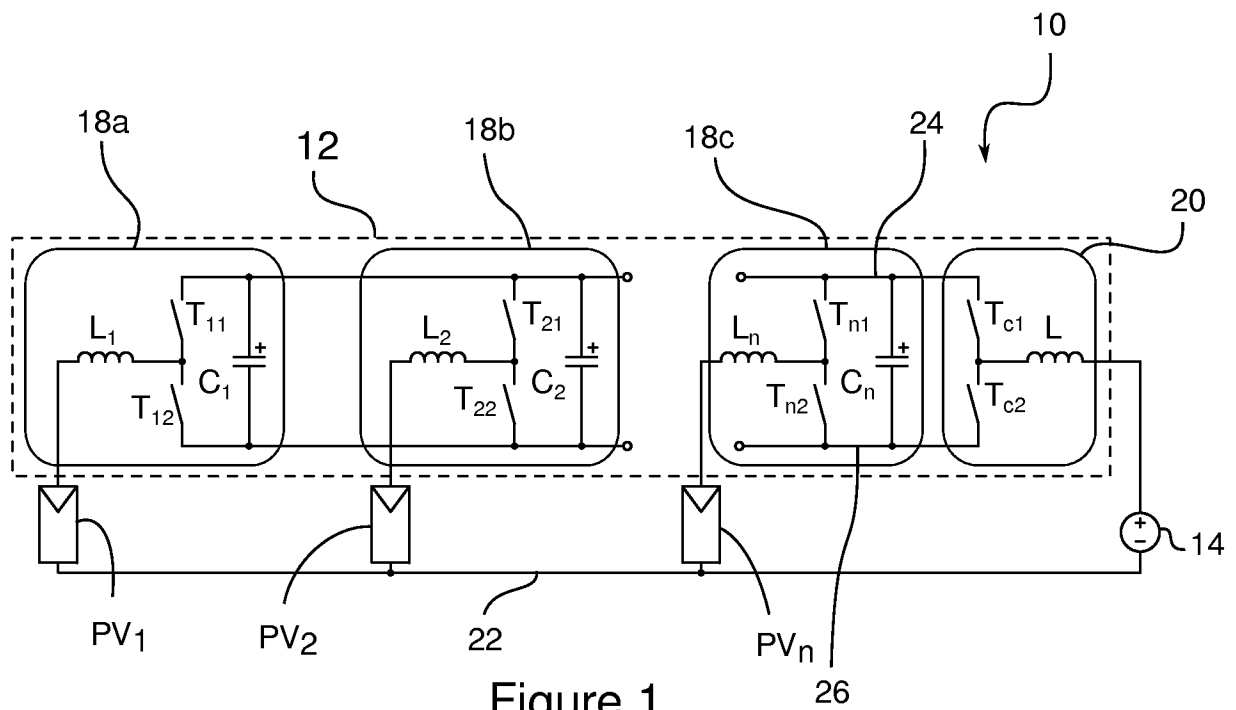
5. Convertisseur électrique continu-continu selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le bras (20) mutualisé comprend au moins deux interrupteurs (T_{c1} , T_{c2}) commandés par le dispositif de pilotage, configurés pour réguler la tension du bus intermédiaire de sorte que le bilan de la puissance échangée au niveau du bus intermédiaire soit nul.

6. Architecture électrique, caractérisée en ce qu'elle comprend un convertisseur (12) continu-continu selon l'une des revendications 1 à 5 et au moins deux chaînes (PV_1 , PV_2 , PV_n) composées d'une pluralité de composants électroniques ou électrochimiques non linéaires agencés en série, reliées au convertisseur (12) continu-continu.

7. Architecture électrique selon la revendication 6, caractérisée en ce que les composants électroniques sont des modules photovoltaïques adaptés pour fournir une puissance électrique à un bus (14) externe via le convertisseur (12) continu-continu.

8. Architecture électrique selon la revendication 6, caractérisée en ce que les composants électroniques sont des diodes électroluminescentes adaptées pour consommer une puissance électrique transmise par un bus (14) externe via le convertisseur (12) continu-continu.

1/2



2/2

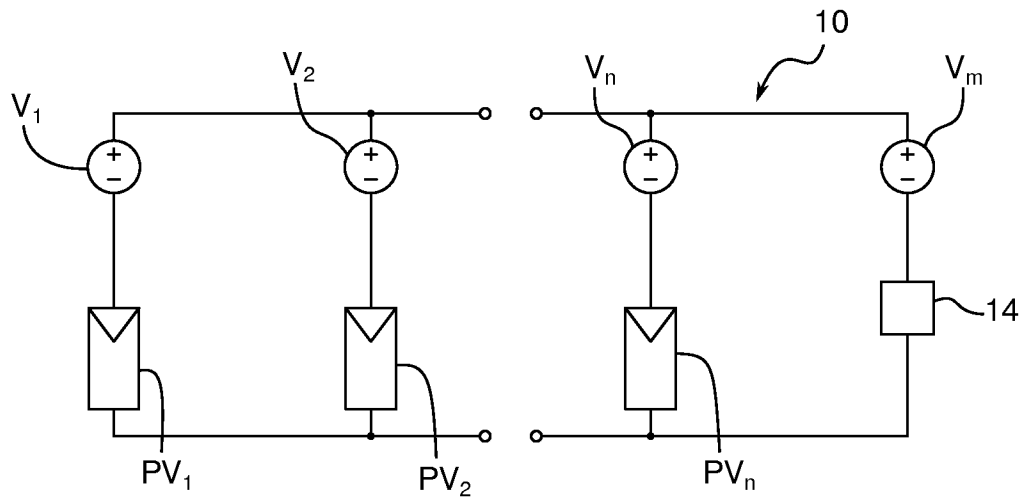


Figure 3

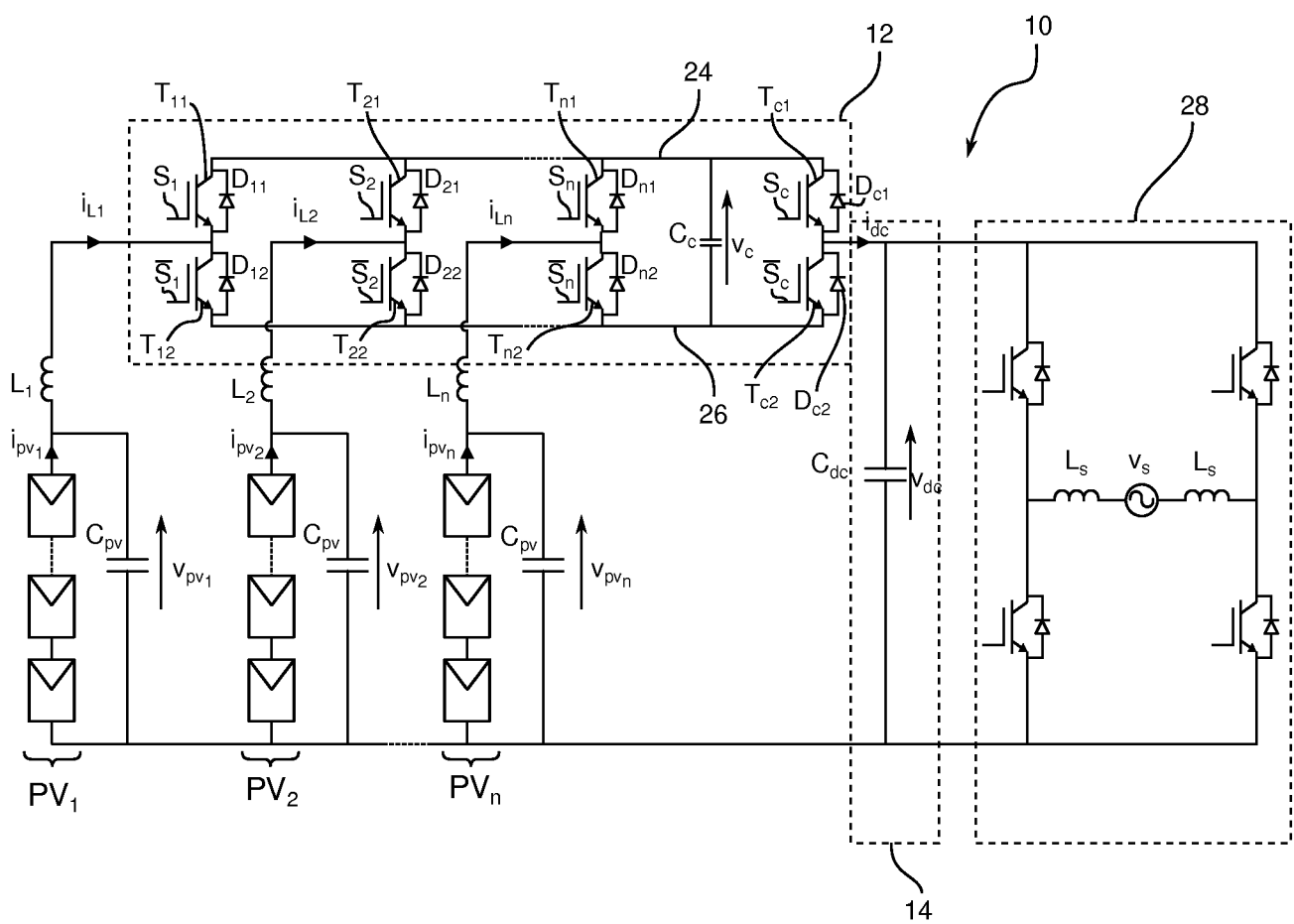


Figure 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/053029

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02M7/5387 H02J3/38
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H02J H02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2014/066789 A1 (SUNEDISON MICROINVERTER PRODUCTS LLC [US]) 1 May 2014 (2014-05-01) paragraph [0003]; figures 1,10 -----	1-8
X	US 2015/078049 A1 (YOO ANNO [KR] ET AL) 19 March 2015 (2015-03-19) figure 1 -----	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 February 2017

Date of mailing of the international search report

03/03/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Taccoen, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/053029

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2014066789 A1	01-05-2014	EP 2912760 A1	02-09-2015
		JP 2015536635 A	21-12-2015
		US 2014119085 A1	01-05-2014
		WO 2014066789 A1	01-05-2014

US 2015078049 A1	19-03-2015	KR 20150032052 A	25-03-2015
		US 2015078049 A1	19-03-2015

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/053029

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H02M7/5387 H02J3/38
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H02J H02M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 2014/066789 A1 (SUNEDISON MICROINVERTER PRODUCTS LLC [US]) 1 mai 2014 (2014-05-01) alinéa [0003]; figures 1,10	1-8
X	US 2015/078049 A1 (YOO ANNO [KR] ET AL) 19 mars 2015 (2015-03-19) figure 1	1-8



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

2 février 2017

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

03/03/2017

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Taccoen, J

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/053029

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2014066789 A1	01-05-2014	EP 2912760 A1	02-09-2015
		JP 2015536635 A	21-12-2015
		US 2014119085 A1	01-05-2014
		WO 2014066789 A1	01-05-2014

US 2015078049 A1	19-03-2015	KR 20150032052 A	25-03-2015
		US 2015078049 A1	19-03-2015
